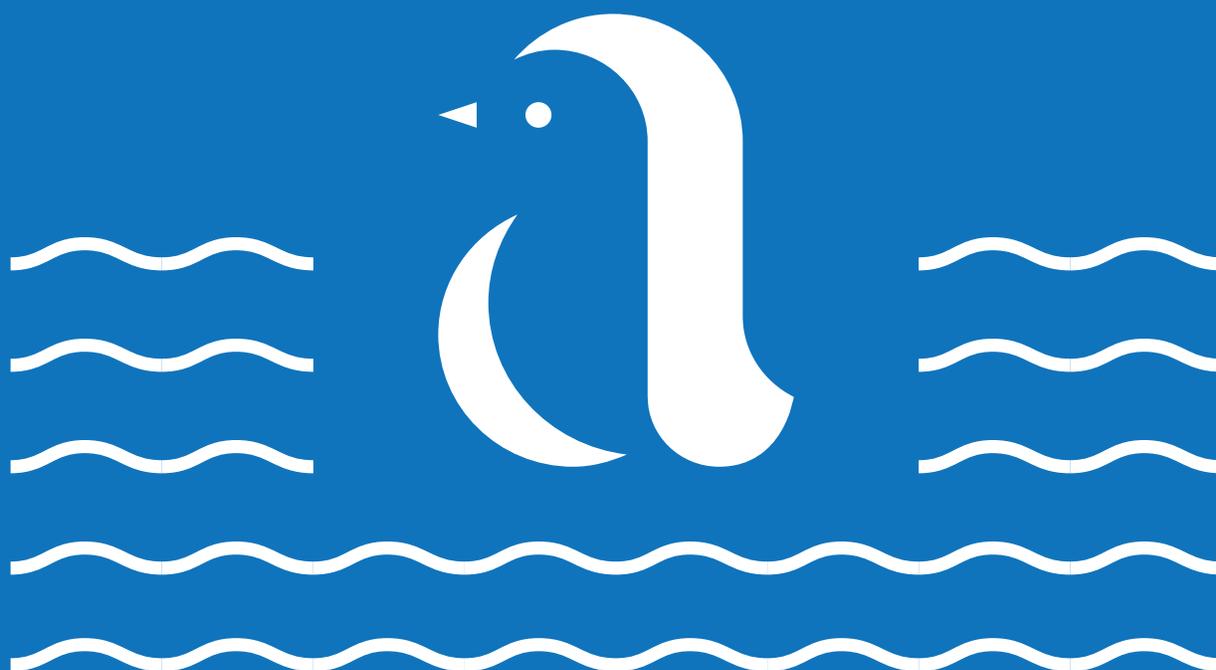


TEMA DEL AÑO 2020

ANTÁRTICA



explora

www.explora.cl

ÍNDICE

Editorial	pág. 3
Tema del año Explora	pág. 4
Tema del año 2020: LA ANTÁRTICA	pág. 5
Instituciones relacionadas	pág. 11
Recursos recomendados	pág. 18
Glosario	pág. 21
Anexos	pág. 25

EDITORIAL

En su afán por conocer y comprender su entorno, el hombre ha buscado alcanzar hasta los lugares más recónditos del planeta, y la Antártica no ha sido una excepción. Sin saber de la existencia de un continente, los griegos llamaron Antarktikós al lado opuesto del Ártico. Recién en el siglo XVI se realizaron las primeras descripciones de exploradores europeos sobre la Terra Australis Ignota. En Chile, las ideas de conquista de los territorios más australes comienzan con Bernardo O'Higgins, sin embargo, sólo a comienzos del siglo XX se incorporó a la Antártica en la política nacional a través de una Comisión Antártica, bajo la presidencia de Germán Riesco. Algunas décadas después, el 6 de noviembre de 1940, el presidente Pedro Aguirre Cerda fija los límites del Territorio Antártico Chileno. Por otra parte, Gabriel González Videla, impulsó la primera expedición exitosa al continente blanco, abriendo el interés por estudiar este territorio.

Chile no es el único país con reclamaciones soberanas sobre este continente. El 1 de diciembre de 1959, Chile y otros 11 países firmaron el "Tratado Antártico", en el cual se establece, entre otras cosas, que dicho territorio es patrimonio de la humanidad para fines pacíficos.

La comprensión de la Antártica como un sistema único, que involucra interacciones entre sus componentes bióticos y abióticos, que afecta a sistemas en otras latitudes, que ha cambiado constantemente a lo largo de la historia de la Tierra y que también responde a los cambios en sus condiciones climatológicas actuales, nos entrega la oportunidad de conectar diversas disciplinas científicas, históricas, sociales y culturales a nivel nacional, llegando a diferentes públicos objetivos.

TEMA DEL AÑO EXPLORA

La División Ciencia y Sociedad del Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación a través de su Programa Explora, tiene como misión el fomentar la cultura científica en la ciudadanía, el razonamiento crítico, reflexivo, y la comprensión del entorno, con el fin de contribuir al desarrollo integral de las personas, inspirándose en la curiosidad y el pensamiento científico.

En este contexto, el Programa Explora define cada año una temática bajo la cual enmarcar sus actividades y acciones, tanto a nivel nacional como regional, a través de sus Proyectos Asociativos Regionales. El objetivo principal del tema del año es acercar una temática de relevancia nacional y/o mundial a la comunidad, de manera de incentivar una mayor comprensión y apropiación respecto de ella y, en consecuencia, su valoración y vinculación con ámbitos científicos y socioculturales.

Un “Tema del Año Explora” tiene las siguientes características:

- **Enfoque multidisciplinario**, cruzando diversas áreas de las ciencias naturales, exactas y sociales.
- **Posibilidad de vinculación** con diferentes públicos objetivos en relación a edad, necesidades y distribución geográfica.
- **Factibilidad de comunicar, divulgar y educar** con un lenguaje cercano.
- **Alineación a políticas de Estado** e hitos institucionales públicos.
- **Contar con un componente social e identitario**, de manera que posea un alto potencial de estimular una cercanía e identidad en la población.
- **Disponibilidad de socios estratégicos** para su diseño en contenido y posterior implementación, como instituciones provenientes del Estado, de la academia y privados, que cuenten con profesionales, científicos y científicas, expertos en la materia.

Estas orientaciones deberán considerarse en la planificación, diseño y ejecución de actividades relacionadas con el tema del año, que sean realizadas por aquellos Proyectos Asociativos Regionales que optaron por mantener el tema del año.

Para introducir y guiar el trabajo de nuestros Proyectos Asociativos Regionales en relación al Tema del Año, se elaboró un dossier, que muestra contenidos a tratar en torno a la temática, así como también, información y recursos útiles para apoyar la creación de contenidos y el desarrollo de actividades en todo el territorio nacional. Además, se incluyó una sección de preguntas vinculadas a cada temática que busca incentivar el interés por materias que han sido y siguen siendo parte del debate científico y los invitamos a promover la curiosidad y la creación de nuevas preguntas.

Las dimensiones que se abordan en este dossier son las siguientes:

- **Reconocer** las características del continente blanco que lo convierten en un medio ambiente único en el planeta.
- **Conocer** la biodiversidad antártica y las características que le permiten desarrollarse en este inhóspito territorio.
- **Promover** el conocimiento histórico y geopolítico del Continente Blanco que ha sido fuente de inspiración para el ser humano.
- **Evidenciar** el estrecho vínculo entre la Antártica y el resto del planeta.

TEMA DEL AÑO 2020: LA ANTÁRTICA

Con el fin de agrupar el conocimiento científico sobre la **Antártica** de una manera sencilla para todo el público, se diseñaron cuatro ejes temáticos que buscan la comprensión del continente en cuanto a sus características geofísicas, lo que incide en el desarrollo de vida adaptada a sus condiciones extremas, cuál es la relación del ser humano con el continente y cómo este territorio tan lejano está conectado en más de una forma con el resto del planeta y sus diferentes formas de vida.

Sumado a estos ejes, se propone abordar desde estas cuatro perspectivas, una temática de estudio relevante para la comunidad científica, que hoy cobra relevancia para la esfera política y también para la sociedad general. Nos referimos al cambio climático, entendido como la "alteración del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global" ¹.

Estos enfoques tienen el potencial de evidenciar la multidisciplinariedad de la ciencia y promover un conocimiento integrado del continente antártico.

- Eje temático 1: **El Continente Blanco**
- Eje temático 2: **Antártica viva**
- Eje temático 3: **Exploración antártica**
- Eje temático 4: **Tan lejos, tan cerca**
- Eje transversal: **Cambio Climático**

1. Tras la huella del cambio climático. Guía de actividades para el desarrollo de la indagación científica sobre cambio climático en Chile. 2019. RedLama - CR².

1.1. EJE 1 – EL CONTINENTE BLANCO

La Antártica es un continente aislado y frío en la actualidad, sin embargo, en el pasado fue un territorio completamente diferente. Estudios paleontológicos y paleoambientales han confirmado que durante el Cretácico tardío, hace unos 68 millones de años aproximadamente, estuvo cubierta por vegetación y albergaba formas de vida diversas que incluía megafauna, mamíferos, reptiles marinos e invertebrados.

Más adelante, durante el Paleógeno, la Antártica se separó completamente de Sudamérica y Australia, en tanto en el océano circundante se formó la corriente marina que rodea a este continente, la Corriente Circumpolar Antártica (CCA). Esta corriente marina de gran influencia para la circulación y el clima global, es una barrera natural entre la Antártica y el resto de los océanos.

Actualmente, su clima se caracteriza por condiciones extremas: Temperaturas atmosféricas medias anuales que fluctúan entre los $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ y los $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$, dependiendo de la cercanía con la costa. Si bien la capa de hielo antártico acumula el 77 % de toda el agua dulce del planeta, es el continente más árido. Entre el manto de hielo y la roca basal se han encontrado alrededor de 400 lagos subglaciales. Recientemente, un grupo de glaciólogos chilenos descubrió un lago, lo bautizaron como lago CECS y se ubica en el interior de la Antártica Occidental bajo 2650 metros de hielo.

El hielo antártico no sólo son una fuente de agua dulce, sino también nos entregan información del pasado climático del planeta, a través del análisis químico de las moléculas atrapadas en ellos. Comprender la dinámica de estos y su respuesta al cambio climático es un desafío permanente.

- **Áreas relacionadas:** Geología, Paleontología, Climatología, Glaciología, Meteorología, Oceanografía.
- **Relación con el currículo escolar:** Este eje se encuentra presente en la mayoría de los niveles educativos, incluyendo educación parvularia. Como se muestra en el Anexo 1A.
- **Preguntas asociadas**
 - ¿Cómo, a lo largo del tiempo, han cambiado los glaciares y las plataformas de hielo flotante de la Antártica?
 - ¿Cuál es el impacto de los lagos subglaciales en la dinámica de la masa de hielo antártico? ¿Qué secretos esconden?
 - ¿Cómo la Corriente Circumpolar Antártica mantiene aislado a este continente? ¿Y cómo influencia la circulación oceánica del planeta?

1.2. EJE 2 – ANTÁRTICA VIVA

Las características especiales de la Antártica generan ecosistemas diferentes a los que conocemos en nuestros entornos cercanos. A pesar de las condiciones ambientales extremas, las comunidades biológicas vinculadas a la Antártica son abundantes y diversas, abarcando desde microorganismos a mega fauna marina. El aislamiento del continente mantenido por la Corriente Circumpolar Antártica ha permitido que la evolución de las especies antárticas sea diferente de sus parientes en el océano exterior y las condiciones extremas han desarrollado características como gigantismo en invertebrados marinos (ej: en anfipodos y en estrella de mar) y enanismo (en bivalvos).

De la gran biodiversidad descrita, en Antártica existen solo 2 especies de plantas vasculares que contrasta con las cerca de 75 especies de musgos y 500 de líquenes. En cuanto a la fauna, se han descrito 5 especies de pingüinos, 24 de aves voladoras y 347 de peces. Todas ellas se encuentran adaptadas para vivir en un ambiente con bajas temperaturas, largos periodos de oscuridad y alta radiación UV, convirtiendo sus características a nivel molecular un atrayente foco de investigación biotecnológica.

La trama trófica antártica, al igual que en otros ecosistemas marinos, se caracteriza por un nivel productor conformado por fitoplancton y algas, quienes son los encargados de realizar la fotosíntesis. Un componente diferente y de vital importancia en esta trama trófica es el kril, ya que es el alimento de peces, aves y mamíferos marinos, y su disminución podría afectar a un gran número de especies.

En la actualidad, el océano que rodea a la Antártica es objeto de actividades antropogénicas como la desarrollada por la industria pesquera extrayendo el kril. Debido a que se espera que dichas actividades aumenten en el futuro lo cual se suma a los cambios ambientales que están transformando el océano austral y sus ecosistemas y por el resguardo de su especial biodiversidad ha incentivado la búsqueda de estrategias de manejo y protección como la creación de áreas marinas protegidas que permitan la conservación y el estudio de sus especies.

- **Áreas relacionadas:** Biología marina, Biodiversidad, Ecología, Conservación, Biotecnología
- **Relación con el currículo escolar:** Este eje se encuentra presente en la mayoría de niveles educativos, incluyendo educación parvularia. Como se muestra en el Anexo 1B.
- **Preguntas asociadas:**
 - ¿Cuáles son los ecosistemas y redes tróficas más vulnerables en el océano Austral y Antártico y cuáles organismos son propensos a la extinción?
 - ¿Cómo afectarán los contaminantes a los ecosistemas antárticos y marinos australes?
 - ¿Las Áreas Marinas Protegidas en el océano Austral cumplirán su objetivo de protección? ¿Cómo afectarán los procesos de los ecosistemas y la extracción de recursos?

1.3. EJE 3 – EXPLORACIÓN ANTÁRTICA (CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES)

La Antártica es el único continente sin población indígena y su población permanente es restringida, sin embargo, ha sido foco de curiosidad a lo largo de la historia. Las primeras expediciones realizadas en el siglo XVIII dieron origen a grandes historias marcadas por el deseo de conquista, las tecnologías de cada época y la urgencia por sobrevivir en este clima extremo. Destacados exploradores como Roald Amundsen, Robert Falcon Scott y Ernest Shackleton desafiaron al clima en la conquista del Polo Sur. Estas y otras expediciones, como el rescate de los náufragos ingleses del “Endurance” por el grupo chileno liderado por el Piloto Luis Pardo Villalón, han sido fuente de inspiración para escritores y artistas.

La relación de Chile con la Antártica es de larga data, sin embargo, fue solo hace 80 años atrás, el 6 de noviembre de 1940, que el Presidente Pedro Aguirre Cerda fijó los límites del Territorio Chileno Antártico. En 1947, el Presidente Gabriel González Videla impulsó la primera expedición chilena que permitió la instalación de la primera base chilena en el continente, la base “Soberanía” (actual base naval Arturo Prat). Años más tarde, en 1964, se fundó el Instituto Antártico Chileno (INACH), organismo técnico del estado responsable de coordinar, planificar y ejecutar la actividad científica en el Territorio Chileno Antártico.

En la actualidad, los países que reclaman soberanía sobre el continente blanco se rigen por un acuerdo que regula sus acciones. El Tratado Antártico, firmado el 1 de diciembre del 1959 en Washington (USA), señala que éste será utilizado exclusivamente para fines pacíficos, promoviendo la cooperación y el desarrollo de actividades de investigación científica. De igual manera, el medio ambiente se encuentra protegido a través del Protocolo al Tratado Antártico sobre Protección del Medio Ambiente, firmado en Madrid en 1991, que refuerza la designación de Antártica como “reserva natural, consagrada a la paz y a la ciencia”.

- **Áreas relacionadas:** Geografía, Historia y exploración, Patrimonio, Ciencias Políticas.
- **Relación con el Currículo escolar:** Ver Anexo 1C.
- **Preguntas asociadas:**
 - ¿Cómo evolucionarán los mecanismos regulatorios para mantener el ritmo con el turismo antártico y evitar que sea nocivo para el ecosistema?
 - ¿Cómo el uso de Antártica para fines pacíficos y científicos será mantenido como barrera de acceso al territorio?
 - ¿Qué motivaciones han tenido los exploradores antárticos para desafiar las condiciones climáticas extremas del continente blanco?

1.4. EJE 4- TAN LEJOS, TAN CERCA (CONEXIONES ANTÁRTICAS)

El continente antártico es el más austral y aislado geográficamente, sin embargo, su conexión con el resto del planeta no solo se limita a su pasado geológico.

A pesar de la distancia, la Antártica tiene un efecto irrefutable en el clima de otras latitudes de la Tierra, lo que se denomina teleconexión climática. La corriente de Humboldt, que nace en la Corriente Circumpolar Antártica, enfría las aguas del océano Pacífico que bañan las costas de nuestro país, influenciando el clima y los ecosistemas existentes en el territorio chileno continental. Entre otros factores, esta corriente se relaciona con la formación del Desierto de Atacama, la que al enfriar el océano disminuye su evaporación, evita la formación de nubes y, por lo tanto, las precipitaciones en esa zona. A nivel de la atmósfera, los vientos antárticos llevan precipitaciones a la región sur-austral de Chile y en consecuencia, promueven el desarrollo de ecosistemas muy diferentes a los del Norte.

Las conexiones biológicas de la Antártica están dadas por la migración estacional de diferentes especies entre los hemisferios norte y sur. También se ha descubierto que el cochayuyo y dos especies de crustáceos han atravesado la barrera generada por la Corriente Circumpolar Antártica. Con la migración de especies sobreviene la dispersión tanto de otras especies foráneas como de contaminantes en el territorio antártico y el océano Austral.

El efecto antrópico sobre la Antártica es otro tipo de conexión. El uso de productos contaminantes en otras regiones del planeta tiene consecuencias en el continente blanco. Uno de los casos más llamativos es el carbono negro, uno de los componentes del aerosol atmosférico que llega a la antártica por transporte atmosférico. Otro ejemplo, son los COPs o "compuestos orgánicos persistentes", utilizados en la industria y la agricultura por décadas, son transportados desde varias zonas del planeta hacia la Antártica por las corrientes de aire. Los COPs tienen una baja degradación ambiental y se acumulan en el agua, el hielo e incluso en la biomasa. No menos dañino ha sido el uso de clorofluorocarbonos (CFC), aunque actualmente su uso está prohibido, han contribuido a la disminución de la capa de ozono sobre la Antártica. Otro de los impactos ambientales más recientes lo constituyen los plásticos y microplásticos que han alcanzado el océano Austral afectando principalmente a los animales marinos, desde peces hasta pingüinos.

- **Áreas relacionadas:** Paleontología, Climatología, Química Ambiental, Biogeoquímica, Ecología, Biología Marina.
- **Relación con el Currículo escolar:** Este eje se encuentra presente en los todos niveles educativos, incluyendo educación parvularia. Ver Anexo 1D.
- **Preguntas asociadas:**
 - ¿Cómo afectan los procesos antárticos al clima de latitudes medias del planeta?
 - ¿Durante el cambio de clima se liberarán los gases de efecto invernadero y los compuestos orgánicos almacenados en la Antártica y el océano Austral?
 - ¿Cuál es la exposición y la respuesta de los organismos y los ecosistemas antárticos a los contaminantes de origen antropogénico (como carbono negro, mercurio, sulfuro, entre otros)? ¿Cómo cambian las fuentes y la distribución de estos contaminantes?

- ¿La capa de ozono se está recuperando como se esperaba? ¿Cómo esta recuperación afectará la circulación atmosférica a nivel regional y global, el clima y los ecosistemas?

1.5. EJE TRANSVERSAL – CAMBIO CLIMÁTICO

La Antártica, es el sensor del cambio climático debido a que cualquier efecto en su medio ambiente prístino es consecuencia de los cambios a nivel global y no de variaciones solo a escala local. El aumento de temperatura atmosférica producto de la acumulación de gases de efecto invernadero se refleja en la disminución de la masa de los glaciares Antárticos, la desestabilización de las plataformas flotantes de hielo y el calentamiento de las aguas oceánicas. Asimismo, la acidificación del mar y otras variaciones bioquímicas son potencialmente consecuencia de este fenómeno.

Esta modificación en el hábitat antártico afecta a una gran variedad de especies, influyendo en su metabolismo y su sobrevivencia. Algunas especies tendrán mayores oportunidades de adaptarse a estas nuevas condiciones, sin embargo, otras migrarán o eventualmente se extinguirán. Asimismo, las nuevas condiciones climáticas podrían permitir el asentamiento de especies invasoras que pudieran desplazar a las nativas y alterar el ecosistema.

Si bien, la Antártica ya ha sido testigo de períodos de aumento de temperaturas como los registrados en los períodos interglaciales, no se conoce como responderá a esta variación contemporánea mucho más acelerada. Algunas respuestas pueden ser encontradas al estudiar ese pasado. Los rastros dejados en el hielo por la última Deglaciación (20.000-11.600 años antes del presente) nos podría entregar algunas proyecciones útiles en el presente.

Las medidas de mitigación acordadas a nivel internacional, al igual que las actitudes individuales, son cruciales en este incierto y cambiante escenario, donde cualquier alteración en el continente antártico tiene el potencial de afectar al resto del planeta Tierra y sus habitantes.

- Áreas relacionadas: Climatología, Química Ambiental, Biogeoquímica, Ecología, Oceanografía, Glaciología, Biología Marina, Biodiversidad, Ecología, Ciencias Políticas.
- Relación con el Currículo escolar: Este eje se encuentra presente en los siguientes niveles educativos, incluyendo educación parvularia. Ver Anexo 1E.
- Preguntas asociadas:
 - ¿Cómo se adaptará la biodiversidad antártica a las nuevas condiciones climáticas?
 - ¿Cómo el cambio climático afecta la captación física y biológica de CO₂ en el océano Austral?
 - ¿Cómo afectarán los cambios en la entrada de agua fresca al océano y los procesos de los ecosistemas?
 - ¿Qué tan rápido cambió la Sábana de Hielo Antártico en el pasado y qué nos dice esto sobre el futuro?

INSTITUCIONES RELACIONADAS

INSTITUTO ANTÁRTICO CHILENO (INACH)

Director: **Dr. Marcelo Leppe Cartes**

El INACH es el organismo estatal responsable de coordinar, planificar y ejecutar la actividad científica en el Territorio Chileno Antártico. Dentro de sus planes de acción se encuentra el desarrollo de investigaciones en cuatro áreas: Paleobiología, Áreas Marinas Protegidas, Biorrecursos y Cambio Climático. Además, coordina el Programa Nacional de Ciencia Antártica, que cada año financia proyectos de investigación, provenientes de diferentes instituciones de ciencia y tecnología, en 7 líneas: El estado del ecosistema antártico; Umbrales antárticos: resiliencia y adaptación del ecosistema; cambio climático en la Antártica; Astronomía y Ciencias de la Tierra; Biotecnología; Huellas humanas en la Antártica; y Ciencias Sociales y Humanidades.

Sitio electrónico: www.inach.cl

Twitter: @inach_gob

Facebook: Instituto Antártico Chileno

Instagram: @inach_gob

COMITÉ NACIONAL DE INVESTIGACIONES ANTÁRTICAS (CNIA)

Seis investigadores son designados por el Ministro de Relaciones Exteriores mediante un Decreto Ministerial, en virtud de la indiscutible trayectoria, experiencia y prestigio académico en sus especialidades. Este Comité Nacional de Investigaciones Antárticas, es el organismo encargado de representar a la comunidad científica nacional ante el Comité Científico de Investigaciones Antárticas (SCAR, por su sigla en inglés) y de asesorar al Instituto Antártico Chileno (INACH) en la programación de sus actividades. Cabe señalar que se designan a seis representantes, un titular y un suplente de cada uno de los tres grupos científicos permanentes. El Comité 2019-2022 está integrado por:

Ciencias de la Tierra

- Raúl Cordero Carrasco, Doctor en Ciencias de la Ingeniería. Universidad de Santiago de Chile.
- Francisco Fernandoy Pedreros, Doctor en Geociencias. Universidad Andrés Bello (suplente).

Ciencias de la Vida

- Marely Cuba Díaz, Doctora en Bioquímica. Universidad de Concepción.
- Elie Poulin Charmolue, Doctor en Ecología y Evolución. Universidad de Chile (suplente).

Ciencias Físicas

- Marina Stepanova, Doctora en Física Espacial. Universidad de Santiago de Chile.
- Jorge Carrasco Cerda, Doctor en Ciencias Atmosféricas. Universidad de Magallanes (suplente).

PROGRAMA NACIONAL DE CIENCIA ANTÁRTICA (PROCIEN)

El PROCIEN incluye iniciativas científicas seleccionadas por el Instituto Antártico Chileno, y el Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, a través de diferentes herramientas y diversas fuentes de financiamiento concursables, así también incluye proyectos de cooperación internacional. El PROCIEN se administra en siete (7) líneas de investigación, las que se encuentran en sintonía con áreas definidas por el comité mundial de investigación antártica o **Scientific Committee on Antarctic Research (SCAR)**.

El detalle de cada proyecto antártico vigente y su líder, se encuentra disponible en el siguiente enlace: https://drive.google.com/file/d/132-jbbAl4_Wx4L6LLgnROUdom6v4p7Gt/view

A continuación, se describen las siete líneas de investigación vigentes en el PROCIEN.

I. El estado del ecosistema antártico

La diversidad biológica se entiende como la variedad de formas de vida, lo que incluye diferentes niveles de organización, como especies, sus genes, poblaciones y comunidades. La interacción de estas variedades en diferentes niveles determina colectivamente el funcionamiento de los ecosistemas y da soporte a la biósfera de nuestro planeta.

El objetivo de esta línea (asociada con el programa Ant-ECO, de SCAR) es entender los patrones de diversidad actuales para así diferenciar entre impactos de procesos a partir de señales del pasado, y comprender y desarrollar escenarios futuros a partir de un enfoque multidisciplinario. A través de investigaciones realizadas en esta línea se ha podido: evaluar la contribución de los cambios ambientales en procesos evolutivos y ecológicos en ecosistemas marinos y terrestres en la Antártica y región subantártica; comprender los factores espacio-temporales determinantes de la distribución de especies y poblaciones; y cuantificar el grado de sensibilidad y riesgo de las especies, poblaciones y ecosistemas a los cambios ambientales, como, por ejemplo, cambios climáticos, polución y actividades de pesquería.

II. Umbrales antárticos: resiliencia y adaptación del ecosistema

El océano Austral y el continente antártico no están al resguardo de los efectos negativos de las actividades antropogénicas, especialmente en la península Antártica. El aumento de la temperatura atmosférica y de las aguas antárticas, así como la acidificación oceánica, ya son una realidad en la región polar. De ahí la importancia de evaluar cómo estos fenómenos afectan a los organismos acuáticos y terrestres del Continente Blanco. Dicha evaluación debe ser integral para conocer sus consecuencias a nivel de toda la biota de este sensible ecosistema.

Por estas razones, es crucial entender el funcionamiento integral de los sistemas biológicos, para determinar los umbrales, inferir las capacidades de resiliencia y predecir los efectos sobre los servicios ecosistémicos que tendrá el cambio climático global sobre la totalidad de los ecosistemas antárticos.

En el marco del programa AnT-ERA de SCAR, los científicos han coincidido sobre la importancia de responder cómo los organismos antárticos se han adaptado a las particularmente difíciles condiciones actuales de esta región y cómo responderán a los futuros cambios ambientales. Consecuentemente, también pretende identificar qué especies tendrán mejor capacidad para afrontar los cambios ambientales futuros y cómo responden a la significativa variabilidad ambiental que ya se registra

en algunas zonas de la península Antártica. El conjunto de estas evaluaciones desde lo individual a lo ecosistémico permitirá crear un amplio debate ecológico sobre el estado ambiental de la Antártica y su biósfera, especialmente en la península Antártica, con respecto a los cambios mundiales.

Esta línea de investigación busca responder estas preguntas que se enfocan en caracterizar y cuantificar los efectos del calentamiento desde el punto de vista individual, pasando por las poblaciones, hasta el ecosistémico, como se evidencia en recientes proyectos del programa que evalúan el impacto de stress ambientales como el aumento de la temperatura en la diversidad de microorganismos, la abundancia de microorganismos fotosintéticos en la nieve y la respuesta a estresores en macroalgas, musgos, plantas terrestres, invertebrados y mamíferos pinnípedos.

El esfuerzo de investigación en esta línea ha producido publicaciones científicas reportando una disminución de las capacidades anticongelamiento de las plantas vasculares *Colobanthus quitensis* y *Deschampsia antarctica* debido al aumento de la temperatura. Similarmente se ha comprobado la contrastante respuesta al stress térmico agudo en peces antárticos en los que, en algunos casos, se reportó una mínima respuesta a dicho stress en tanto en otros casos sí existe respuesta a pesar de la ausencia de proteínas de stress térmico HSP.

III. Cambio climático en la Antártica

La amenaza cada vez más probable de una crisis climática mundial desafía urgentemente tanto la capacidad de la humanidad para comprender los aspectos clave de los recientes cambios ambientales como su capacidad para actuar. Por lo tanto, existe una creciente necesidad de evaluar las tendencias cambiantes y estimar, en diferentes escenarios, los posibles impactos, para apoyar la toma de decisiones y la adopción de acuerdos globales.

El dominio territorial de la Antártica y las regiones circundantes del planeta están conectadas a través de teleconexiones. Las interacciones, verificadas en las últimas décadas, incluyen cambios notables en las temperaturas del aire y del océano, patrones cambiantes de circulación atmosférica, la variabilidad de la extensión del hielo marino, la reducción del espesor y la pérdida de varias plataformas de hielo, entre otros fenómenos.

En este contexto, el PROCIENT incluye un conjunto de proyectos bajo la línea de investigación de Cambio Climático en la Antártica, que se enfocan en responder preguntas asociadas con el estudio de la variabilidad climática en diferentes escalas espaciales y temporales, considerando la caracterización de los procesos y la variabilidad e interacciones de la criósfera con geosistemas terrestres, atmosféricos y oceánicos asociados.

Los proyectos de PROCIENT bajo este marco de investigación, se alinean y contribuyen a los objetivos de varios Programas de Investigación Científica (SRP) implementados por el Comité Científico de Investigación Antártica (SCAR). Estos son:

- i) **“Cambio climático antártico en el siglo XXI (AntClim21)”**, diseñado para ofrecer predicciones regionales mejoradas de elementos clave de la atmósfera antártica, el océano y la criósfera para los próximos 20 a 200 años y comprender las respuestas de los sistemas físicos y biológicos a los factores de forzamiento naturales y antropogénicos;

ii) “Dinámica de la capa de hielo antártica pasada (PAIS)”, con el objetivo de mejorar la comprensión de la sensibilidad de las capas de hielo en la Antártica oriental y occidental y la península Antártica a una amplia gama de condiciones climáticas y oceánicas, y

iii) “Respuesta e influencia de la tierra sólida en la evolución criosférica (SERCE)”, que tiene por objetivo general proporcionar una comprensión avanzada de las interacciones entre la tierra sólida y la criósfera para restringir mejor el balance de masa del hielo, la dinámica de hielo y cambio del nivel del mar en un mundo en calentamiento.

La contribución de la literatura reciente relacionada con esta área de investigación destaca una serie de hallazgos muy interesantes. Cárdenas y col. (2018), proporcionan una exploración y pruebas experimentales en bahía Sur, un sitio de la península Antártica occidental a 64.8° S de latitud, donde la variabilidad entre años de la temperatura del agua de mar indica la importancia de la variabilidad de los entornos locales. En otras escalas espaciales y temporales, Moreno et al. (2018) interpretan el núcleo de sedimentos de un lago patagónico para describir la variabilidad del clima del sur desde ~10 ka, lo que sugiere que los cambios climáticos coherentes en estas regiones han impulsado el cambio climático en vastos sectores del hemisferio sur en escalas temporales centenarias y milenarias. Más cerca del presente, el uso de nuevos registros isotópicos recolectados de nieve y núcleos de hielo en la extensión norte de la península Antártica (Fernandoy et al., 2018), describe los cambios y un efecto perceptible de la cubierta de hielo marino en las temperaturas locales, y el expresión de modos climáticos, especialmente el Modo Anular del Sur (SAM), cuando estos se analizan junto con los datos meteorológicos y oceánicos existentes.

IV. Astronomía y Ciencias de la Tierra

La Antártica y los océanos circundantes han sido y son partes clave de la historia natural de nuestro planeta. Nos proporcionan información importante sobre la formación de la Tierra y sobre la evolución y cambios en el entorno antártico y la biota que depende de él.

Por esta razón, los proyectos de esta línea de investigación están enfocados en estudiar y comprender las interacciones entre la tierra sólida y la criósfera. Busca entender los procesos que ocurren al interior y en las interfaces de los sistemas terrestre, oceánico, criosférico y atmosférico.

Adicionalmente, la integran proyectos en disciplinas de la física espacial y la observación astronómica. En general, contribuyen a dilucidar interrogantes y proveer conocimiento científico de aplicación transversal y que se relaciona y contribuye en varias de las iniciativas de los Programas de Investigación Científica (SRP) y otros Grupos de Acción del SCAR.

Este programa de investigación apunta a avanzar en la comprensión de las interacciones entre la tierra sólida y la criósfera y así entender mejor el equilibrio de la masa de hielo, la dinámica del hielo y el cambio del nivel del mar en un mundo que se calienta.

Datos publicados en la revista Nature analizaron el balance de masas de la capa de hielo antártico de 1992 a 2017. Esta capa es un indicador importante del cambio climático y el motor del aumento del nivel del mar. En este trabajo observaron su volumen cambiante, además del flujo y atracción gravitacional con modelos de balance de masa de superficie para mostrar que perdió billones de

toneladas de hielo entre 1992 y 2017, lo que corresponde a un aumento en el nivel medio del mar de 7.6 ± 3.9 milímetros. A su vez, se notaron grandes variaciones en la Antártica oriental, la habría ganado masa glaciaria en el período 1992-2017 (5 ± 46 mil millones de toneladas por año).

En el área de la geología, uno de los proyectos que iniciará sus estudios tiene como objetivo entender los procesos paleogeográficos de la parte inferior del Grupo Heritage, Montañas Ellsworth, Antártica occidental y además buscar las implicancias en las reconstrucciones del Gondwana.

V. Biotecnología

Esta línea estudia las características fisiológicas, metabólicas y moleculares de organismos antárticos, intentando utilizar a estos o sus derivados (biomoléculas) para la creación o modificación de productos, aplicaciones o procesos para usos específicos, proponiendo soluciones innovadoras para problemas contingentes como la sequía, la optimización energética, el combate contra bacterias multirresistentes o el cáncer. Por lo tanto, descifrar en algunos casos el ADN de alguno de estos organismos utilizando herramientas de secuenciación masiva es clave para lograr estas aplicaciones. El desarrollo de estudios a nivel molecular en la Antártica está en línea con las directrices nacionales que apuntan a dar respuesta a necesidades concretas a través de la investigación aplicada.

En estas últimas décadas, el Continente Blanco se ha convertido en foco de interés de investigadores que no solo están interesados en estudiar las adaptaciones de organismos a las extremas condiciones antárticas, sino también a posibles aplicaciones. La generación de patentes permite proteger la investigación con fondos públicos o privados, sin poner en riesgo el conocimiento científico logrado, sino muy por el contrario, ya que esta información es abierta y de libre acceso después de generada.

Un ejemplo de esto es el descubrimiento de la Antartina, nueva molécula anticáncer extraída desde la planta *Deschampsia antarctica* que ha probado ser efectiva sobre células neoplásicas en cultivo asociadas al cáncer colorrectal. Se espera que esta y otras moléculas en el futuro puedan ser utilizadas en el combate contra el cáncer.

Por otra parte, desde esta misma planta también se han aislado y caracterizado bacterias que pueden ayudar a optimizar su crecimiento y posiblemente a mejorar las capacidades de plantas de cultivo intensivo en relación al aumento de la resistencia al estrés salino y a mejorar las capacidades hídricas de estas. Los hongos antárticos también pueden tener una connotación positiva respecto de la posible aplicación en el control de plagas que afectan la producción de trigo.

Una tendencia biotecnológica que ya agrupa a varios proyectos es la biosíntesis de nanopartículas por parte de bacterias que representan una alternativa para la producción de nanoestructuras con nuevas propiedades y que podrían ser utilizadas en paneles solares para la producción de energía verde. Un proyecto que recién comienza este 2019 y que apunta en esta misma dirección es la generación de pilas de combustible biológicas que permiten la obtención de energía renovable al producir energía eléctrica.

Estos descubrimientos hacen de la Antártica un lugar en el cual se pueden obtener algunas soluciones asociadas, por ejemplo, al combate del calentamiento climático para optimizar el uso del

agua y generar cultivos más resistentes a las nuevas condiciones del planeta y a la descarbonización ayudada por el desarrollo de la energía solar.

Otros proyectos de esta línea estudian los antimicrobianos y, particularmente, los antibióticos, que han sido una característica central de la medicina moderna durante las últimas ocho décadas, siendo cruciales para la salud mundial. En los últimos 60 años se han producido y distribuido millones de toneladas métricas de antibióticos en todo el mundo y este uso, a menudo irracional de los antibióticos, ha resultado en cepas de bacterias resistentes. En el proyecto "Búsqueda y caracterización de compuestos antimicrobianos y determinantes de resistencia a antibióticos presentes en bacterias del suelo antártico", liderado por el investigador de la Universidad de Chile Andrés Marcoleta, se propone la identificación y caracterización de nuevos compuestos antimicrobianos y determinantes de resistencia entre las bacterias del suelo antártico utilizando enfoques tanto dependientes del cultivo como independientes del cultivo (metagenómico). En esta temporada antártica se intentó secuenciar utilizando una nueva tecnología miniaturizada como es el MINION, analizando la composición bacteriana del suelo antártico.

Finalmente, se espera que la ciencia antártica también pueda impactar en una actividad clave de nuestra economía como es la industria del vino. El proyecto Develando la diversidad inexplorada de levaduras antárticas y su potencial en la industria chilena del vino, que lidera Cristina Úbeda de la Universidad Autónoma, tratará de solucionar los problemas de las bajas temperaturas en la fermentación de los vinos blancos utilizando levaduras antárticas, que además podrían mejorar las características organolépticas. Los vinos producidos con estas levaduras serán analizados para determinar su composición aromática por cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masas, resistencia frente a la oxidación capacidad antioxidante y fenoles totales. Además, se harán análisis sensoriales para establecer si las diferencias entre los vinos son perceptibles por un panel de cata entrenado.

De esta manera, la ciencia antártica se acerca a la ciudadanía y al desarrollo científico tecnológico del país, apoyando actividades económicas claves como son la agricultura y las energías renovables.

VI. Huellas humanas en la Antártica

La Antártica es un continente que permaneció aislado por millones de años, que entrega información clave sobre formas de vida que habitan sistemas expuestos a una alta y compleja variabilidad ambiental. Si bien se reconoce la fragilidad del ecosistema antártico ante el impacto del cambio climático, también existe preocupación por la influencia antropogénica vinculada a la introducción de xenobióticos, Compuestos Orgánicos Persistentes (COP) y otros elementos químicos nocivos que pueden llegar a la Antártica producto del turismo y actividades logísticas realizadas en la zona. Por ello, todas estas actividades deben estar estrechamente vigiladas y reguladas bajo el alero del Sistema del Tratado Antártico y el Protocolo de Madrid.

La protección del medioambiente antártico es un tema prioritario dentro del Sistema del Tratado Antártico y en forma especial en reuniones del Comité para la Protección del Medioambiente, así como también en las reuniones del Comité Científico para la Investigación Antártica de Ciencia Antártica (SCAR) y de la Convención para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos Marinos (CCAMLR). Algunas preguntas claves de esta línea son: ¿cuáles serán las consecuencias del impacto antropogénico sobre el ecosistema antártico?, ¿cómo afectarán y se adaptarán los seres

humanos y los patógenos a los ambientes antárticos?, ¿cómo evolucionarán los mecanismos reguladores para mantener el ritmo creciente del turismo antártico?, ¿cómo afectarán las presiones externas y los cambios en las configuraciones geopolíticas de poder la gobernanza y la ciencia antártica?

Actualmente, en el PROCIENT se están ejecutando proyectos relacionados con la presencia de COP en la fauna y su influencia en la bomba biológica y en la trama trófica antártica; la presencia y biomagnificación de elementos químicos como tántalo (un mineral ampliamente utilizado en la construcción de condensadores, a su vez utilizados en la industria tecnológica para el funcionamiento de celulares, computadores y otros artefactos electrónicos), y la presencia del gene intl1 en bacterias antárticas.

Respecto a los resultados más relevantes obtenidos por investigadores del PROCIENT en esta línea, se destacan la presencia de COP en muestras de krill antártico recolectados a lo largo del mar de Bellingshausen, Weddell y mar de Scotia. Estos compuestos ingresan al ecosistema antártico por la vía del transporte atmosférico y, mediante el fitoplancton, pasan hacia los otros eslabones de la trama trófica.

También se ha determinado la biomagnificación en la trama trófica y presencia de tántalo en muestras de peces e invertebrados a lo largo de un gradiente desde el norte de Chile hasta Bahía Fildes, Antártica, así como COP en bajos niveles en sangre de pingüinos en Antártica. Del mismo modo, se ha establecido el transporte o retención de metales trazas como cobre y plomo en suelos de la isla Ardley, Antártica, por parte de los pingüinos que actúan como biovectores transportando y depositando cobre a través de sus fecas en los suelos de Antártica y, en el caso del plomo, su retención en huesos, plumas o huevos. Finalmente, se ha detectado la presencia en bacterias del gen intl1, considerado como un indicador de contaminación y presencia de resistencia a antibióticos.

Por lo tanto, estos trabajos proporcionan información clave para profundizar nuestro conocimiento sobre el estado del medioambiente antártico, conocimiento de la línea base de los COP y elementos como tántalo y metales trazas.

VII. Ciencias Sociales y Humanidades

La Antártica es un continente que se expresa a través de su paisaje extremo, prístino y singular, pero también lo realiza a través de su mundo simbólico: la generación de conocimiento, su organización política y las diversas expresiones culturales.

En la Antártica, el único continente sin población indígena o asentamiento humano permanente, las humanidades y las ciencias sociales abordan una serie de cuestiones importantes. ¿Qué tipo de narraciones e imágenes creamos para sentirnos como en casa en un lugar con una historia humana tan breve, y cómo estas afectan nuestras interacciones actuales con la región? ¿Cómo lo gobernamos? ¿Quién debería poder visitarlo y bajo qué condiciones? ¿Cómo se comporta la gente en un entorno tan aislado y hostil? ¿Cómo podemos enfrentar los muchos desafíos que enfrentamos en nuestras futuras interacciones con la región?

RECURSOS RECOMENDADOS

• PUBLICACIONES DEL INSTITUTO ANTÁRTICO CHILENO WWW.INACH.CL

- **Enciclopedia Visual Antártica:** Publicación que agrupa contenidos que permiten conocer y comprender a la Antártica desde su historia, la ciencia y las cifras, evidenciando la relación entre la Vida, el Tiempo y el Entorno.
- **Láminas o Posters Antárticos:** Es una colección de infografías, láminas e ilustraciones de divulgación científica que disponen contenidos básicos como: un mapa de la antártica, aves antárticas, qué emplazamientos hay disponibles, cuál es la historia de la actividad antártica nacional, entre otras.
- **Antártica en Cifras:** Libro ilustrado en formato de bolsillo que permite conocer la historia, el pasado, la actualidad y la “desmesurada naturaleza polar” a través de los números asociados a ella, como la cantidad de especies que la habitan, la temperatura más fría registrada y los años destacados en su historia.
- **Cambio Climático en Cifras:** Es un texto bilingüe e ilustrado que reúne las cifras más significativas de las causas, efectos y acciones de mitigación de esta problemática global.
- **Las hojas de Guido, Un dinosaurio en la Patagonia:** Cuento infantil ilustrado que muestra la historia del dinosaurio Guido que recolectaba hojas de árboles cuando la Antártica y la Patagonia estaban unidas.
- **Boletín Antártico Chileno (BACH):** Publicación científica que recopila investigaciones vinculadas a la antártica, además de noticias vinculadas a las artes, ciencia escolar y actividades del Instituto Antártico chileno.
- **ILAIA Advances in Chilean Antarctic Science:** Publicación en inglés que está dirigida a la comunidad antártica internacional. Se imprime de manera anual y se distribuye principalmente a autoridades nacionales y locales, instituciones antárticas internacionales, librerías nacionales y extranjeras, además de universidades e investigadores.

• CHARLA CONGRESO FUTURO 2019

- **“Explorando Antártica”:** El Explorador Polar, Ben Saunders, relata su histórica travesía por la Antártica. A través de las historias de antiguos exploradores polares, relata las características del continente y las dificultades del desafío de caminar por 105 días desde la Isla Ross hasta el Polo Sur y viceversa, siguiendo los pasos del Capitán Scott en 1912. Link: <https://www.congresofuturo.cl/charlas/explorando-antartica-ben-saunders-congreso-futuro-2019>
- **“Antártica Protegida”:** La investigadora ambiental Cassandra Brooks, de la Universidad de Colorado Boulder relata la importancia de la colaboración científica para poder estudiar este

prístino continente y el mar que lo rodea, relevando la importancia de que la antártica es un territorio que nos pertenece a todos y debemos protegerlo, por ejemplo, a través de áreas marinas protegidas. Link: <https://www.congresofuturo.cl/charlas/antartica-prottegida-cassandra-brooks-congreso-futuro-2019>

- **“Antártica, corazón latente del mundo”**: El director del Instituto Antártico Chileno, Dr. Marcelo Leppe Cartes, relata la relevancia de la Antártica para el resto el planeta. En esta charla derriba mitos, entrega datos de la Antártica que clasifican en un territorio único en la Tierra. Link: <https://tv.senado.cl/tvsenado/evento/especiales/congreso-del-futuro/antartica-corazon-latente-del-mundo/2019-01-16/161308.html>

• MATERIAL DE DIVULGACIÓN DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DINÁMICA DE ECOSISTEMAS MARINOS DE ALTAS LATITUDES (IDEAL).

- **¿Sabías qué...? De Magallanes a Antártica**: Preguntas curiosas para respuestas sorprendentes. Libro ilustrado que a través de respuestas a diferentes preguntas destaca aspectos relevantes, y tal vez desconocidos por muchos, sobre la Antártica y la Región de Magallanes. Abarcando temporalmente desde el cretácico hasta la actualidad, destaca la importancia de los ecosistemas, las tramas tróficas y las características especiales de los seres que habitan el territorio antártico y el océano Austral. Link: https://www.centroideal.cl/wp-content/uploads/2019/09/sabias_que_idealbook.pdf
- **“Parásitos bajo cero, una carrera Antártica”**: Juego didáctico de mesa compuesto de un tablero, dados y preguntas que permiten avanzar mientras se aprende sobre la vida de los parásitos. Este juego busca fomentar la curiosidad de niños y niñas y el entregar conceptos claves de las tramas tróficas antárticas.

• LABORATORIO DE GLACIOLOGÍA CENTRO DE ESTUDIOS CIENTÍFICOS (CECS), SECCIÓN ANTÁRTICA:

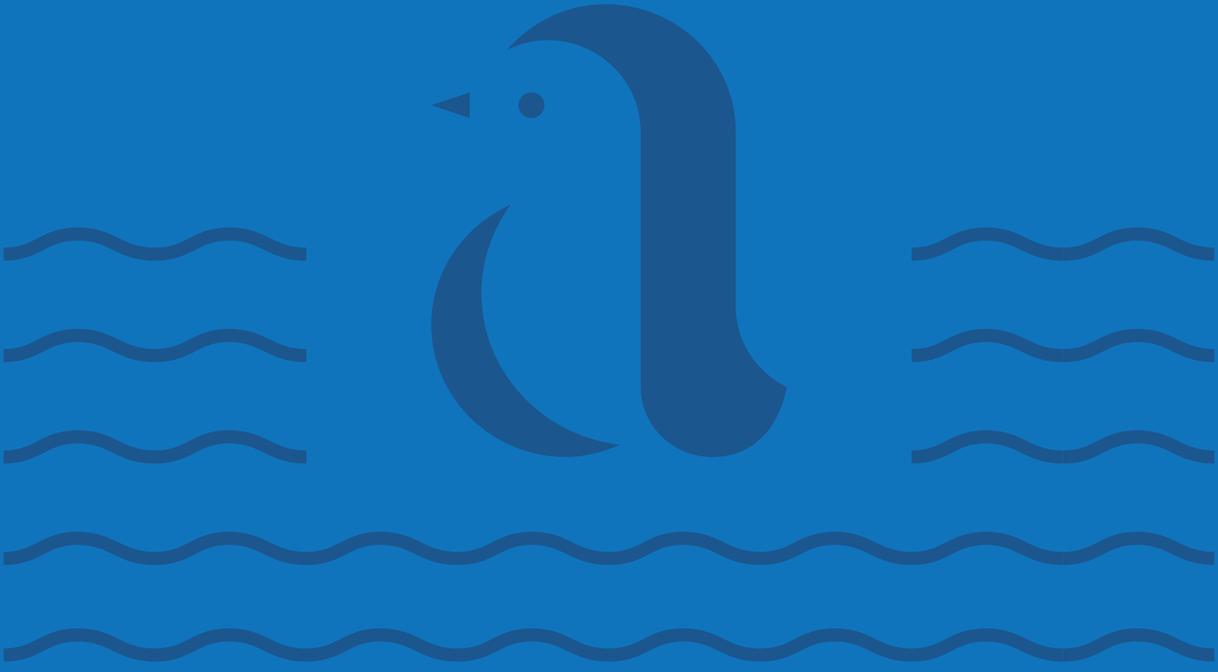
En la sección “Antártica” describen, con un lenguaje sencillo y datos científicos, características del continente blanco como glaciares, lagos subglaciares, montañas. Asimismo, encontrarán una galería de fotografías históricas. Link: http://www.glaciologia.cl/web/glaciologia_es/antartic2.php

• GRUPO DE INVESTIGACIÓN ANTÁRTICA UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE (USACH) (IDIOMA INGLÉS):

La sección de Outreach contiene información de las expediciones científicas y galerías fotográficas descargables. Link: <http://antarctica.cl/>

- **GATEWAY ANTARCTICA COLLEGE OF SCIENCE, UNIVERSITY OF CANTERBURY (IDIOMA INGLÉS):**

Sitio web neozelandés que busca la comprensión de la Antártica en el contexto del medio ambiente global. Uno de sus focos es la divulgación y la sección de "Recursos (Resources)" entrega material gratuito, dirigido a escuelas, con los cuales podrán realizar actividades en la sala de clases. También pueden acceder a links de instituciones internacionales relacionadas a la ciencia antártica <https://www.canterbury.ac.nz/science/schools-and-departments/antarctica/resources/>



GLOSARIO

ANFÍPODOS

Son pequeños crustáceos conocidos comúnmente como “pulgas de mar” que pueden vivir en ambientes marinos, dulceacuícolas e incluso terrestres. Generalmente su tamaño no supera los 10 mm. Estos organismos pueden ser herbívoros, carnívoros, carroñeras, etc. y pueden ser el alimento de peces, aves y otros invertebrados.

BIOGEOQUÍMICA

Es el estudio de los movimientos y transformación de materia entre los diferentes compartimentos ambientales mediados por la acción biológica. Un ejemplo corresponde al flujo de carbono en los ecosistemas en el conocido “Ciclo del carbono”. Esta disciplina nos permite comprender problemas ambientales actuales como la contaminación, la destrucción de la capa de ozono y el calentamiento global.

BIVALVOS

Son especies marinas o de agua dulce pertenecientes al filo Mollusca. Se caracterizan, entre otras cosas, porque sus partes blandas están parcial o completamente recubiertas por una concha formada por dos valvas unidas por una bisagra.

CARBONO NEGRO

El carbono negro, es un contaminante que forma parte del material particulado fino (tamaño menor a 2,5 μm) generado por la combustión incompleta de combustibles como carbón, el petróleo, el gas y la leña, entre otros. Se deposita en diferentes superficies como suelos y nieve y es capaz de absorber la radiación solar, contribuyendo al calentamiento de la atmósfera y al derretimiento de nieve y hielo, por lo que es considerado un precursor del cambio climático. A diferencia de otros contaminantes, la reducción de sus emisiones disminuye rápidamente sus impactos negativos.

CLIMATOLOGÍA

Estudios del comportamiento medio de las variables atmosféricas en una región determinada durante un periodo prolongado de tiempo (varias décadas).

COMPONENTE ABIÓTICO

Factores inertes de un ecosistema.

COMPONENTE BIÓTICO

Organismos vivos de un ecosistema.

CRETÁCICO TARDÍO

Fase final del período Cretácico, transcurrió entre aproximadamente los 100 y 66 millones de años antes del presente. La tierra se caracterizaba por tener un clima más cálido que el actual, con abundantes plantas con flores y gran diversidad de dinosaurios. Aparecieron las primeras aves y los mamíferos primitivos. Al final de este período ocurre la gran extinción del Cretácico-Terciario.

ENANISMO

Proceso evolutivo observado en bivalvos antárticos cuyo tamaño promedio en estado adulto está por debajo del promedio de sus parientes en otros continentes.

ESTUDIOS PALEOAMBIENTALES

Estudios que buscan comprender los ambientes que existieron en el pasado, incluso antes de que el hombre habitara la Tierra. Para esto utilizan información de diversas áreas (paleontología, geología, entre otros), diferentes fuentes de información que provienen de (estudio del polen, análisis de testigos de hielos, sedimentos, cronología de los troncos de árboles antiguos), junto a métodos de datación de componentes como rocas, agua y hielos.

GIGANTISMO

Proceso evolutivo observado en especies de estrellas, crustáceos o esponjas antárticas. Su tamaño es mucho mayor en comparación sus parientes en otros continentes, incluso superando los 60 centímetros de largo.

GLACIAR

Masa de hielo formada a lo largo de miles de años gracias a la acumulación de nieve, se comprime y transforma en hielo. Los glaciares son considerados vestigios de la última Edad de hielo y en la Antártica éstos se formaron hace aproximadamente xx?.

LAGOS SUBGLACIARES

Acumulación de agua en estado líquido ubicada entre el hielo antártico y la roca basal, pudiendo encontrarse a varios miles de metros bajo el hielo.

METEOROLOGÍA

Rama de la geofísica que estudia el estado del tiempo atmosférico, los fenómenos producidos y las leyes que lo rigen. Se basa en el estudio de variables como temperatura, humedad y presión atmosférica, los que permiten interpretar variaciones en períodos cortos de tiempo, a diferencia de la climatología que estudia períodos prolongados de tiempo (décadas).

PALEÓGENO

Corresponde al período posterior al Cretácico tardío y que da comienzo a la era Cenozoica. Transcurrió aproximadamente entre los 65 y 23 millones de años antes del presente. En este período los continentes continúan separándose y los océanos aumentan en extensión.

PALEONTOLOGÍA

Es la ciencia que estudia los fósiles permitiendo interpretar el pasado de la vida sobre la Tierra. Se encuadra dentro de las Ciencias Naturales, posee un cuerpo de doctrina propio y comparte fundamentos y métodos con la Geología y la Biología, con las que se integra estrechamente. Quien ejerce esta ciencia se le llama Paleontólogo.

PERÍODOS INTERGLACIALES

Corresponde a los períodos de tiempo con temperaturas cálidas entre los ciclos de glaciación ocurridos aproximadamente entre los 800.000 años y el presente. Estos períodos interglaciales se caracterizaron por un aumento en la cantidad de luz solar que llegaba a la superficie de la Tierra y del CO₂ en la atmósfera que provocaron el aumento de la temperatura y el retroceso de los glaciares.

PLANTAS VASCULARES

Plantas que poseen un sistema de "tubos" por donde circulan fluidos, como agua y minerales disueltos a lo largo de la planta. Estos sistemas se denominan xilema y floema. Las plantas vasculares han desarrollado otras estructuras funcionales como raíces, tallos y hojas.

SÁBANA DE HIELO

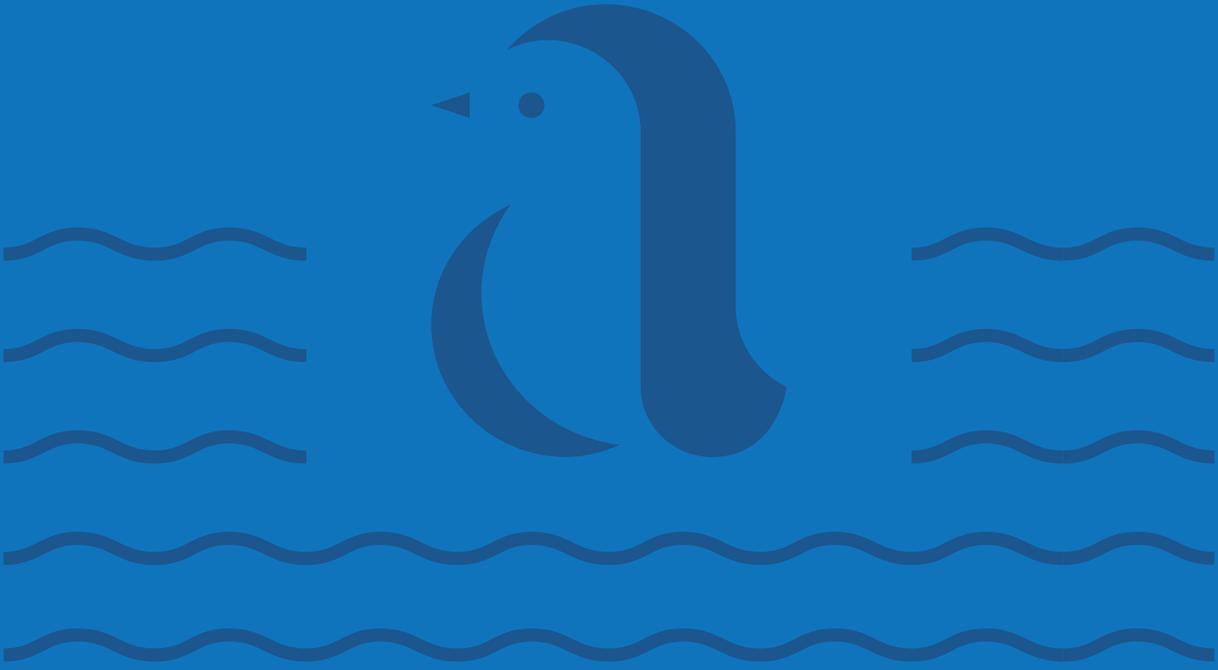
Masa de hielo glacial de una extensión mayor a 50.000 km². En la actualidad solo existen dos en el planeta: en la Antártica y en Groenlandia. La primera de ellas tiene un tamaño aproximado de 14 millones de km².

TELECONEXIÓN CLIMÁTICA

Se refiere a alteraciones climáticas simultáneas en regiones distantes producidas por cambios en la circulación atmosférica a nivel planetario o hemisférico. El calentamiento de la atmósfera sobre el Pacífico ecuatorial central durante los eventos El Niño es una de las causas de estos cambios en la dinámica de la atmósfera global que producen las teleconexiones.

TRAMA TRÓFICA

Cadenas alimentarias interconectadas que representan de una manera más realista las relaciones de consumo y el flujo de energía entre los componentes de los ecosistemas.



ANEXOS

ANEXO 1A

Eje temático 1 - El continente blanco

Nivel		Objetivos de Aprendizaje (OA)
Educación Parvularia (tercer nivel, transición)	Núcleo Comprensión del Entorno Sociocultural	OA9/ OA11
	Núcleo Exploración del Entorno Natural	OA1/ OA2/ OA3/ OA9/ OA12
1° Básico	Ciencias Sociales	OA8/ OA9
	Ciencias Naturales	OA10/ OA12
2° Básico	Ciencias Sociales	OA7/ OA8
	Ciencias Naturales	OA4/ OA9/ OA11/ OA12/ OA14
3° Básico	Ciencias Sociales	OA7/ OA8/
	Ciencias Naturales	OA12
4° Básico	Ciencias Sociales	OA6/ OA8/ OA9/ OA18
	Ciencias Naturales	OA15/ OA16
5° Básico	Ciencias Sociales	OA9/ OA10/ OA20/ OA22
	Ciencias Naturales	OA12/ OA13
6° Básico	Ciencias Sociales	OA10/ OA12/ OA21/ OA24/ OA25/ OA26
	Ciencias Naturales	OA16
7° Básico	Ciencias Sociales	OA23
	Ciencias Naturales	OA9/ OA12
8° Básico	Ciencias Sociales	OA20
	Ciencias Naturales	OA15
1° Medio	Ciencias Sociales	OA12
	Ciencias Naturales	OA1/ OA2/ OA3
3° Medio	Ciencias para la Ciudadanía (Módulo ambiente y sostenibilidad)	OA3
	Formación diferenciada Ciencias (Biología de los ecosistemas)	OA1/ OA3/ OA5
	Formación diferenciada Ciencias (Física)	OA1/ OA5/OA6
	Formación diferenciada Ciencias (Química)	OA4/ OA6
4° Medio	Ciencias Naturales (Biología)	AE9*

Fuente: <https://www.curriculumnacional.cl>

*AE: Aprendizajes esperados

ANEXO 1B

Eje temático 2 - Antártica viva

Nivel		Objetivos de Aprendizaje (OA)
Educación Parvularia (tercer nivel, transición)	Núcleo Comprensión del Entorno Sociocultural	OA9
	Núcleo Exploración del Entorno Natural	OA1/ OA2/ OA3/ OA6/ OA7/ OA9/ OA12
1° Básico	Ciencias Naturales	OA1/ OA2/ OA5/ OA12
2° Básico	Ciencias Sociales	OA9
	Ciencias Naturales	OA1/ OA2/ OA3/ OA4/ OA5/ OA6/ OA12/ OA14
3° Básico	Ciencias Sociales	OA8
	Ciencias Naturales	OA4
4° Básico	Ciencias Sociales	OA7/ OA8/ OA9/ OA18
	Ciencias Naturales	OA1/ OA2/ OA3/ OA4
5° Básico	Ciencias Sociales	OA9/ OA10/ OA20/ OA22
	Ciencias Naturales	OA1/ OA12/ OA13/ OA14
6° Básico	Ciencias Sociales	OA10/ OA12/ OA21/ OA24/ OA25/ OA26
	Ciencias Naturales	OA1/ OA2/ OA3/ OA8/ OA11/ OA16
7° Básico	Ciencias Sociales	OA22/ OA23
	Ciencias Naturales	OA6
8° Básico	Ciencias Naturales	OA15
1° Medio	Ciencias Naturales	OA4/ OA5/ OA6/ OA7/ OA8/ OA20
2° Medio	Ciencias Naturales	OA7
3° Medio	Formación general Historia, Geografía y Ciencias Sociales (Mundo Global)	OA3/ OA4/ OA7
	Formación general Historia, Geografía y Ciencias Sociales (Chile y la región Latinoamericana)	OA5/ OA7
	Ciencias para la Ciudadanía (Módulo ambiente y sostenibilidad)	OA2/ OA3
	Ciencias para la Ciudadanía (Módulo Tecnología y sociedad)	OA2/ OA3
	Formación diferenciada Ciencias (Biología de los ecosistemas)	OA1/ OA2/ OA3/ OA4/ OA5
	Formación diferenciada Ciencias (Física)	OA1/OA5/ OA6
	Formación diferenciada Ciencias (Química)	OA5/ OA6/OA7
4° Medio	Ciencias Naturales (Biología)	AE9/ AE10*
	Ciencias Naturales (Química)	AE4*

Fuente: <https://www.curriculumnacional.cl>

*AE: Aprendizajes esperados

ANEXO 1C

Eje temático 3 - Exploración antártica

Nivel		Objetivos de Aprendizaje (OA)
Educación Parvularia (tercer nivel, transición)	Núcleo Comprensión del Entorno Sociocultural	OA5/ OA7/ OA8/OA9/ OA11
1° Básico	Ciencias Sociales	OA5/ OA7/ OA15
2° Básico	Ciencias Sociales	OA7/ OA8/ OA9
3° Básico	Ciencias Sociales	OA7/ OA8
4° Básico	Ciencias Sociales	OA6/ OA7/ OA8/ OA9/ OA18
5° Básico	Ciencias Sociales	OA9/ OA10/ OA20/ OA22
6° Básico	Ciencias Sociales	OA10/ OA12/ OA21/ OA24/ OA25/ OA26
7° Básico	Ciencias Sociales	OA22/ OA23
8° Básico	Ciencias Sociales	OA20/ OA22
1° Medio	Ciencias Sociales	OA12
3° Medio	Formación general Historia, Geografía y Ciencias Sociales (Mundo Global)	OA3/ OA4/ OA7
	Formación general Historia, Geografía y Ciencias Sociales (Chile y la región Latinoamericana)	OA5/ OA7
	Formación diferenciada Historia, Geografía y Ciencias Sociales (Geografía, territorio y desafíos socioambientales)	OA2/ OA5 /OA6
4° Medio	Ciencias Sociales	OF7/ OF10*

Fuente: <https://www.curriculumnacional.cl>

*AE: Aprendizajes esperados

ANEXO 1D

Eje temático 4 - Tan lejos, tan cerca

Nivel		Objetivos de Aprendizaje (OA)
Educación Parvularia (tercer nivel, transición)	Núcleo Comprensión del Entorno Sociocultural	OA9
	Núcleo Exploración del Entorno Natural	OA1/ OA2/ OA3/ OA6/ OA7/ OA8/ OA9/ OA11/ OA12
1° Básico	Ciencias Sociales	OA9
	Ciencias Naturales	OA1/ OA2/ OA5/ OA12
2° Básico	Ciencias Sociales	OA7/ OA8/ OA9
	Ciencias Naturales	OA1/ OA2/ OA3/ OA4/ OA5/ OA6/ OA12/ OA14
3° Básico	Ciencias Sociales	OA7/ OA8
	Ciencias Naturales	OA4/ OA5
4° Básico	Ciencias Sociales	OA6/ OA7/ OA8/ OA9/ OA18
	Ciencias Naturales	OA1/ OA2/ OA3/ OA4
5° Básico	Ciencias Sociales	OA9/ OA10/ OA20/ OA22
	Ciencias Naturales	OA1/ OA12/ OA13/ OA14
6° Básico	Ciencias Sociales	OA10/ OA12/ OA21/ OA24/ OA25/ OA26
	Ciencias Naturales	OA1/ OA2/ OA3/ OA8/ OA9 / OA11/ OA16
7° Básico	Ciencias Sociales	OA22/ OA23
	Ciencias Naturales	OA6/OA9/ OA12
8° Básico	Ciencias Sociales	OA20/ OA22
	Ciencias Naturales	OA15
1° Medio	Ciencias Naturales	OA1/ OA2/ OA3/ OA4/ OA5/ OA6/ OA7/ OA8/ OA20
2° Medio	Ciencias Naturales	OA7

3° Medio	Formación general Historia, Geografía y Ciencias Sociales (Mundo Global)	OA3/ OA4/ OA7
	Formación general Historia, Geografía y Ciencias Sociales (Chile y la región Latinoamericana)	OA5/ OA7
	Formación diferencial Historia, Geografía y Ciencias Sociales (Geografía, territorio y desafíos socioambientales)	OA2/ OS5/ OA6
	Ciencias para la Ciudadanía (Módulo ambiente y sostenibilidad)	OA2/ OA3
	Ciencias para la Ciudadanía (Módulo Tecnología y sociedad)	OA2/ OA3
	Formación diferenciada Ciencias (Biología de los ecosistemas)	OA1/ OA2/ OA3/ OA4/ OA5
	Formación diferenciada Ciencias (Física)	OA1/OA5/ OA6
	Formación diferenciada Ciencias (Química)	OA4/ OA5/OA6/ OA7
4° Medio	Ciencias Naturales (Biología)	AE9/ AE10*
	Ciencias Naturales (Química)	AE4*

Fuente: <https://www.curriculumnacional.cl>

*AE: Aprendizajes esperados

ANEXO 1E

Eje transversal - Cambio climático

Nivel		Objetivos de Aprendizaje (OA)
Educación Parvularia (tercer nivel, transición)	Núcleo Comprensión del Entorno Sociocultural	OA9
	Núcleo Exploración del Entorno Natural	OA1/ OA2/ OA3/ OA6/ OA7/ OA8/ OA9/ OA11/ OA12
1° Básico	Ciencias Naturales	OA1/ OA2/ OA5/ OA12
2° Básico	Ciencias Sociales	OA7/ OA9
	Ciencias Naturales	OA1/ OA2/ OA3/ OA4/ OA5/ OA6/ OA9 / OA11/ OA12/ OA14
3° Básico	Ciencias Sociales	OA7/ OA8
	Ciencias Naturales	OA4/ OA5
4° Básico	Ciencias Sociales	OA6/ OA7/ OA8/ OA9/ OA18
	Ciencias Naturales	OA1/ OA2/ OA3/ OA4/ OA15/ OA16
5° Básico	Ciencias Sociales	OA9/ OA10/ OA20/ OA22
	Ciencias Naturales	OA1/ OA12/ OA13/ OA14
6° Básico	Ciencias Sociales	OA10/ OA12/ OA21/ OA24/ OA25/ OA26
	Ciencias Naturales	OA1/ OA2/ OA3/ OA8/ OA9/ OA11/ OA16
7° Básico	Ciencias Sociales	OA22/ OA23
	Ciencias Naturales	OA6/ OA12
8° Básico	Ciencias Sociales	OA20/ OA22
	Ciencias Naturales	OA15
1° Medio	Ciencias Naturales	OA4/ OA5/ OA6/ OA7/ OA8/ OA20
2° Medio	Ciencias Naturales	OA7

3° Medio	Formación general Historia, Geografía y Ciencias Sociales (Mundo Global)	OA3/ OA4/ OA7
	Formación general Historia, Geografía y Ciencias Sociales (Chile y la región Latinoamericana)	OA5/ OA7
	Formación diferencial Historia, Geografía y Ciencias Sociales (Geografía, territorio y desafíos socioambientales)	OA2/ OA5/ OA6
	Ciencias para la Ciudadanía (Módulo ambiente y sostenibilidad)	OA2/ OA3
	Ciencias para la Ciudadanía (Módulo Tecnología y sociedad)	OA2/ OA3
	Formación diferenciada Ciencias (Biología de los ecosistemas)	OA1/ OA2/ OA3/ OA4/ OA5
	Formación diferenciada Ciencias (Ciencias de la Salud)	OA4
	Formación diferenciada Ciencias (Física)	OA1/OA5/ OA6
	Formación diferenciada Ciencias (Química)	OA4/ OA5/ OA6/ OA7
4° Medio	Ciencias Naturales (Biología)	AE9/ AE10

Fuente: <https://www.curriculumnacional.cl>

*AE: Aprendizajes esperados

  @explora_cl

 @explora.minciencia